

### 3) Isı kazancının eşit dağılımı, kütle volanı ve solar radyasyon kaynaklı ısı yükü ( $Q_{\text{radyasyon}}$ )

Genellikle, bir soğuk hava deposunun çeşitli duvarlarından giren ısı kazancının bu duvarlara eşit dağılması istenen bir husustur. Bu nedenle, çeşitli duvarlardaki izolasyon kalınlıklarının uygun olarak seçilmesi gereklidir. Kagir duvarların ısı geçirme direnci izolasyon maddesine oranla sıfır kabul edilebileceğine göre, ekonomik bir dağılım için seçilmesi gereken izolasyon kalınlıkları duvarın iki tarafındaki sıcaklık farklarının karekökleri ile orantılı olmaktadır. Bu nedenle her duvarda kullanılacak izolasyon kalınlığının bulunmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır:

$$e = R\sqrt{k \cdot \Delta t}$$

**R:** ışınım dönüşüm katsayısı

**k:** kondüksiyon katsayısı

**E :** birim enerji

$\Delta t$  : sıcaklık farkı

#### ***Kütle volanı***

Genellikle, soğutma tesislerinin makinaları aralıklı olarak çalışırlar. Odanın sıcaklığı belirli bir derece yükseldiği zaman makinaya kumanda eden termostat bunu harekete geçirir. Durma zamanının çok kısa olması için duvarların iç cidarlarının tuğla gibi özgül ısısı oldukça yüksek bir madde ile kaplanması yararlı olmaktadır. Buna “kütle volanı” adı verilmektedir.

Örneğin; aşağıdaki şartlarda çalışan bir soğuk depo ele alınacak olursa;

Yan cidarların alanı	100 m <sup>2</sup>
Döşeme ve tavan alanı	100 m <sup>2</sup>
Odanın hacmi	150 m <sup>3</sup>
Ortalama ısı geçirme katsayısı	0.30 kcal/m <sup>2</sup> , °C, saat
İç ve dış ortam arasındaki ortalama sıcaklık farkı	20 °C
Depo edilen malların ağırlığı	6 000 kg

Termostatın  $\pm 1$  °C farkla oda sıcaklığını sabit tutacağı ve makinaların durma süresinin 24 dakika olacağı varsayımı ile tuğla duvardan oluşacak kütle volanı şu şekilde hesaplanmaktadır:

24 dakikalık durmada ısı kazancı

$$200 \times 0.40 \times 0.30 \times 20 = 480 \text{ kcal}$$

Oda içindeki havanın 2 °C ısınması

$$150 \times 0.31 \times 2 = 93 \text{ kcal}$$

Depodaki yiyecek maddelerinin 2 °C ısınması

$$6\ 000 \times 0.90 \times 2 = 10\ 800 \text{ kcal}$$

Bu hesaplarda kullanılan özgül ısılar, sırasıyla hava için 0.31 ve gıda maddeleri için 0.90 olarak alınmıştır (bu değerler standard özgül ısı tablolarında mevcut olup sabit değerlerdir).

Toplam ısı miktarı;

$$Q_{\text{solar}} = K.A.\Delta t$$

**K** : Isı taşınım katsayısı, kcal/m<sup>2</sup>.h.°C

**A** : Depo alanı m<sup>2</sup>

**Δt** : Güneş kaynaklı sıcaklık farkı, °C

$$Q_{\text{solar}} = 480 + 93 + 10\ 800 = 11\ 373 \text{ kcal olmaktadır.}$$

**4) Hava değişimi ya da infiltrasyon nedeniyle oluşan ısı yükü ( $Q_{\text{infiltrasyon}}$ )**

Soğuk oda kapısının her defasında açılıp kapanmasına bağlı olarak dış ortamdan sıcak hava oda içerisine girerek ortam sıcaklığının yükselmesine neden olmakta ve ek soğutma yükü ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde oluşan ek soğutma yükü soğuk oda hacmi ile yakından ilişkilidir. Çizelge 6'da soğuk oda hacmine bağlı olarak ek soğutma yükü hesabında kullanılacak oranlar verilmektedir.

$$Q_{\text{infiltrasyon}} = 0,241 \times G \times \Delta t$$

**G** : ürün ağırlığı (kg)

**0,241** : havanın özgül ısısı yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

**Çizelge 6.** Soğuk oda kapı açılmalarında meydana gelen hava değişimi (\*)

Oda iç hacmi (m <sup>3</sup> )	24 saatte hava değişimi		Oda iç hacmi (m <sup>3</sup> )	24 saatte hava değişimi	
	0 °C'nin üstünde	0 °C'nin altında		0 °C'nin üstünde	0 °C'nin altında
5	50.1	38.0	500	3.7	2.8
10	31.1	24.2	625	3.3	2.5
15	25.3	19.6	750	2.9	2.3
20	21.2	16.9	1000	2.5	1.9
25	18.7	14.9	1250	2.2	1.7
30	16.7	13.5	1800	1.66	1.42
40	14.3	11.7	2400	1.43	1.22
50	12.8	10.2	3000	1.35	1.11
75	10.1	8.0	4000	1.23	0.99
100	8.7	6.7	5000	1.17	0.93
125	7.7	6.0	6000	1.11	0.86
150	7.0	5.4	8000	1.05	0.85
200	5.9	4.6	10000	0.97	0.83
250	5.3	4.1	12000	0.91	0.81
375	4.2	3.2	14000	0.87	0.80

(\*) aşırı kullanım durumunda verilen değerlerin 2 ile, ender kullanımlarda ise 0.6 ile çarpılması önerilmektedir.

### 5) Elektrik lambaları ve motorlardan kaynaklanan ısı yükü ( $Q_{lamba}$ )

Depoda iki adet 100 Watt'lık ampül ve 0.25 kW gücünde soğutucu ünite vantilatör motoru bulunduğu varsayalım. Buna göre;

1 kWh = 860 kcal/h olduğuna göre 100 Watt'lık 2 ampülün yaydığı ısı

$$Q_1 = \frac{100 \times 2}{1000} \times 860 = 172 \text{ kcal/h olacaktır.}$$

0.25 kW gücünde 1 adet elektrik motorunun yaydığı ısı ise;

$$Q_2 = 0.25 \times 860 = 215 \text{ kcal/h olacaktır.}$$

Buna göre;  $Q = Q_1 + Q_2 = 172 + 215 = 387 \text{ kcal/h}$  elde edilir.

### 6) Çalışan personelden kaynaklanan ısı yükü ( $Q_{personel}$ )

Araba (forklift vb.) ile çalışan bir işçi ortalama 250 kcal/h, deben gücü ile çalışan bir işçi ise ortalama 375 kcal/h ısı yaymaktadır. Bir soğuk hava deposunda doldurma/boşaltma işinde çalışan ortalama işçi sayıları aşağıda sunulmaktadır:

**Depolama alanı (m<sup>2</sup>)**

0-50

51-100

101-300

301-500

**İşçi sayısı (adet)**

1

1-2

2-3

3-4

## Örnek :

Bir beyaz peynir soğuk deposunun ısı yükünü aşağıdaki verilerden yararlanarak hesaplayınız.

<b>Alan</b>	<b>100 m<sup>2</sup></b>
Duvar yüzey alanı	20,84 m <sup>2</sup> (doğu-batı cepheleri) 17,50 m <sup>2</sup> (kuzey-güney cepheleri)
Ürün miktarı	153.600 kg (detay için <i>Bkz.</i> Hesaplama 1)
İşçi sayısı	2 (bedensel)
Dış-iç ortam sıcaklığı	23 °C- 2 °C
Dış-iç ortam sıcaklık farkı	8 °C (dış ortam 23 °C; iç ortam 15 °C)
Toplam duvar, tavan, kapı alanı	108,83 m <sup>2</sup> (detay için <i>Bkz.</i> Hesaplama 2)
Sıva ve izolasyon kalınlığı	x <sub>1</sub> : 0,02 m iç sıva kalınlığı x <sub>2</sub> : 0,10 m izolasyon malzemesi kalınlığı x <sub>3</sub> : 0,02 m izolasyon altı kalınlığı x <sub>4</sub> : 0,19 m tuğla duvar kalınlığı x <sub>5</sub> : 0,02 m dış sıva kalınlığı α <sub>1</sub> : 7 kcal/m <sup>2</sup> .h.°C α <sub>2</sub> : 20 kcal/m <sup>2</sup> .h.°C λ <sub>1</sub> : 0,80 kcal/m.h.°C λ <sub>2</sub> : 0,040 kcal/m.h.°C λ <sub>3</sub> : 0,80 kcal/m.h.°C λ <sub>4</sub> : 0,53 kcal/m.h.°C λ <sub>5</sub> : 1,0 kcal/m.h.°C
İç duvar yüzey konveksiyon katsayısı	7 kcal/m <sup>2</sup> .h.°C
Dış duvar yüzey konveksiyon katsayısı	20 kcal/m <sup>2</sup> .h.°C (Katsayılar için <i>Bkz.</i> Çizelge 5)
Doğuya bakan cephede dış ortam-iç ortam sıcaklık farkı	14,4 °C
Güneye bakan cephede dış ortam-iç ortam sıcaklık farkı	5,6 °C
Lamba sayısı	5 adet 100 watt'lık ampül
Motor sayısı	1 adet 0,25 kW gücünde motor
Beyaz peynirin özgül ısısı	C = 0,64 kcal/kg

### Hesaplama 1: Üründen gelen ısı yükü (Q<sub>ürün</sub>)

Öncelikle depoda ne kadar beyaz peynir depolanacağını hesaplanması gerekmektedir. Genel olarak bir soğuk hava deposunun yaklaşık %80'inden depolama amacıyla yararlanılmaktadır. Diğer alan ise çalışanların hareket alanı olarak düşünülmektedir. Deponun tabanı 100 m<sup>2</sup> olduğuna göre aktif depolama alanı;

$$100 \text{ m}^2 \times 0.80 = 80 \text{ m}^2 \text{ olacaktır.}$$

m<sup>2</sup>'ye 20 kg'lık 96 teneke koyulabilmektedir. Buna göre;

$$80 \times 96 = 7.680 \text{ teneke istiflenebilecektir. Bunun peynir ağırlığı olarak karşılığı ise;}$$

7.680 teneke x 20 kg/teneke = 153.600 kg'dır.

Beyaz peynirin özgül ısısı  $C = 0.64$  kcal/kg olduğuna göre ve hergün depoya kapasitesinin %2.5'i kadar peynir girdiği düşünülürse gereken ısı miktarı;

$153.600 \text{ kg} \times \%2.5 (0.025) = 3.840 \text{ kg}$  peynir girişi ( $t=20$  °C ve  $t_0=2$  °C)

$$Q_{\text{ürün}} = C \times G \times (t-t_0)$$

$$Q_{\text{ürün}} = 0.64 \times 3.840/24 \times (20-2)$$

**$Q_{\text{ürün}} = 1.843,2$  kcal/h** elde edilir.

**Hesaplama 2:** Duvarlardan gelen ısı yükü ( $Q_{\text{duvar}}$ )

1

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{x_1}{\lambda_1} + \frac{x_2}{\lambda_2} + \frac{x_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\frac{1}{\alpha_1} + \frac{x_1}{\lambda_1} + \frac{x_2}{\lambda_2} + \frac{x_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_2}$$

1

$$K = \frac{1}{1/7 + 0,02/0,80 + 0,10/0,04 + 0,02/0,80 + 0,02/1,0 + 1/20}$$

$$1/7 + 0,02/0,80 + 0,10/0,04 + 0,02/0,80 + 0,02/1,0 + 1/20$$

$$K = 0,32 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}$$

Soğuk odanın her yerinde aynı kalınlıkta ve aynı cins izolasyon malzemesi kullanıldığı varsayılırsa her yer için ısı transferi katsayısı  $K=0,32$  kcal/m<sup>2</sup>.h.°C olacaktır. Soğuk hava deposunun toplam duvar alanı 76,68 m<sup>2</sup>, kapı alanı 1,71 m<sup>2</sup> tavan alanı ise 30,44 m<sup>2</sup> olduğuna göre toplam duvar alanı;

$$\Sigma A = 76,68 + 1,71 + 30,44$$

$$\Sigma A = 108,83 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{duvar}} = K \cdot A \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{duvar}} = 0,32 \cdot 108,83 \cdot (23-2)$$

$$\mathbf{Q_{\text{duvar}} = 731,33 \text{ kcal/h}}$$

**Hesaplama 3:** Solar radyasyon kaynaklı ısı yükü ( $Q_{\text{radyasyon}}$ )

Dış çevre sıcaklığı 23 °C, doğal iç ortam sıcaklığı ise 15 °C olduğuna göre;

$$Q_{\text{solar}} = K \cdot A \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{solar}} = 0,32 \cdot 100 \cdot (23-15)$$

$$\mathbf{Q_{\text{solar}} = 256 \text{ kcal/h}}$$

**Hesaplama 4:** Elektrik lambaları ve motorlardan kaynaklanan ısı yükü ( $Q_{\text{lamba}}$ )

Soğuk hava deposunda 5 adet 100 Watt'lık lamba ve 1 adet de 0,25 kW gücünde elektrik motoru olduğuna göre;

1 kWh = 860 kcal/h olduğuna göre 100 Watt'lık 5 ampülün yaydığı ısı

$$Q_1 = \frac{100 \times 5}{1000} \times 860 = 430 \text{ kcal/h olacaktır.}$$

0.25 kW gücünde 1 adet elektrik motorunun yaydığı ısı ise;

$$Q_2 = 0.25 \times 860 = 215 \text{ kcal/h olacaktır.}$$

Buna göre;  $Q_{\text{lamba}} = Q_1 + Q_2 = 430 + 215 = 645 \text{ kcal/h}$  elde edilir.

**Hesaplama 5:** Hava değişimlerinden gelen ısı yükü (infiltrasyon) ( $Q_{\text{infiltrasyon}}$ )

Oda hacmi 240 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (20 m boy, 4 m en, 3 m yükseklik). Bu durumda 24 saatlik infiltrasyon oranı %5,8 dolayındadır (Bkz. Çizelge 6).

240 m<sup>3</sup> x 5,8 = 1.392 m<sup>3</sup>/gün ya da 58 m<sup>3</sup>/h olacaktır. 23 °C'de ki taze havanın 1 kg'ının hacmi ise;

$v = 273 + 23 / 353 = 0,838 \text{ m}^3$ 'tür. Bu durumda depoya giren taze havanın ağırlığı;

$G = V / v$  formülünden  $G = 58 / 0,838 = 69,21 \text{ kg/h}$  olacaktır.

$$Q_{\text{infiltrasyon}} = 0,241 \times G \times \Delta t$$

$$Q_{\text{infiltrasyon}} = 0,241 \times 69,21 \times (23-2)$$

$$Q_{\text{infiltrasyon}} = 350,27 \text{ kcal/h}$$

**Hesaplama 6:** Personelden kaynaklanan ısı yükü ( $Q_{\text{personel}}$ )

$$Q_{\text{personel}} = 2 \text{ işçi (bedensel)} \times 375 \text{ kcal/h} \times 1 \text{ saat çalışma} = 750 \text{ kcal/h}$$

$$\text{TOPLAM ISI YÜKÜ : } Q_{\text{ürün}} + Q_{\text{duvar}} + Q_{\text{solar}} + Q_{\text{lamba}} + Q_{\text{infiltrasyon}} + Q_{\text{personel}} \\ \text{: } 1.843,2 + 731,33 + 256 + 645 + 350,27 + 750 = 4 575,8 \text{ kcal/h}$$